

MODEL PENDUGAAN DAYA DUKUNG LINGKUNGAN PULAU WETAR (MALUKU TENGGARA BARAT) ATAS DASAR ASIMILASI FOSFAT

(Carrying Capacity Assessment Model of Wetar Island,
Maluku Tenggara Barat, Based on Phosphate Assimilation)

Setyo Budi Susilo¹

ABSTRAK

Studi ini bertujuan untuk menilai salah satu aspek daya dukung lingkungan Pulau Wetar, Maluku Tenggara Barat, dalam kaitannya dengan program pengembangan transmigrasi di pulau ini. Sebuah model asimilasi fosfat (fosfor) yang diserap oleh lingkungan perairan pantai digunakan untuk tujuan tersebut. Hasil studi ini menunjukkan bahwa lingkungan perairan pantai Pulau Wetar dapat mendukung lebih dari 30 000 keluarga transmigran sebagai tambahan populasi yang telah menghuni pulau ini. Namun demikian, hasil dugaan nilai daya dukung lingkungan ini hanya didasarkan pada satu aspek saja yaitu asimilasi fosfat dan untuk mendapatkan nilai dugaan yang sebenarnya masih memerlukan pendugaan-pendugaan dari berbagai aspek daya dukung lingkungan yang lain. Lagi pula, model ini masih bersifat makro mengingat seluruh pulau dan perairan pesisir di sekitarnya dianggap sebagai satu sistem.

Kata kunci: pulau Wetar, daya dukung, model asimilasi fosfat, rencana program transmigrasi.

ABSTRACT

The study was aimed to assess the carrying capacity of Wetar Island, Maluku Tenggara Barat, in relation with transmigration plan in the island. A phosphate assimilation model of the coastal water was used to achieve the objective of the study. The result of this study showed that the aquatic environment of coastal zone of Wetar Island can support more than 30 000 families as an additional inhabitants of the island. This result, however, was estimated only from one aspect of carrying capacity namely the phosphate assimilation, therefore find the final estimation, some calculations from other aspects are still needed. Moreover, this model is still in macro-scale since the entire island and surrounding coastal water are treated as one block system.

Keywords: Wetar island, carrying capacity, phosphate assimilation model, transmigration plan.

PENDAHULUAN

Daya dukung lingkungan (*carrying capacity*) secara umum dapat diartikan sebagai kemampuan lingkungan untuk mendukung kehidupan manusia atau benda hidup lainnya. De Santo (1978) memberikan definisi yang lebih luas yaitu jumlah binatang, manusia, atau industri yang dapat didukung secara terus menerus (*indefinitely*) pada sumberdaya yang tersedia. Definisi lain yang ia kemukakan adalah jumlah individu dimana sumberdaya suatu habitat dapat mendukungnya. Dalam artian yang lebih khusus, daya dukung lingkungan dapat pula diartikan sebagai kemampuan lingkungan untuk mendukung suatu aktivitas tertentu (eko-

nomi) manusia. Ukuran dari daya dukung lingkungan adalah jumlah manusia yang dapat didukung di dalam aktivitas tersebut tanpa merusak atau menurunkan mutu lingkungan secara nyata.

Jumlah manusia yang dapat didukung oleh lingkungan terkait dua aspek, yaitu aspek produksi lingkungan (dalam artian barang dan jasa) yang dapat dimanfaatkan oleh manusia dan aspek penyerapan limbah yang dikeluarkan oleh aktivitas manusia. Oleh karena itu dalam pengertian selanjutnya, daya dukung juga dapat menggunakan ukuran besarnya produksi atau besarnya daya serap (asimilasi) limbah. Daya dukung perairan laut untuk kegiatan perikanan tangkap misalnya diartikan sebagai potensi maksimal lingkungan perairan laut untuk menghasilkan (biomas) ikan per satuan waktu. Hal yang sama juga dapat diterapkan pada bidang perta-

¹ Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

nian pangan daratan. Daya dukung perairan laut untuk pengembangan wilayah pesisir misalnya juga dapat diartikan sebagai besarnya limbah yang dapat diasimilasi oleh laut secara berkelanjutan. Besarnya potensi produksi dan penyerapan limbah tersebut pada akhirnya dapat dikonversi menjadi besarnya skala kegiatan manusia, dan pada tahap akhir juga dapat menunjukkan besarnya jumlah manusia yang dapat ditampung. Hampir pada semua kasus, limbah kegiatan manusia akan terakumulasi di perairan (lebih khusus lagi di perairan pantai). Oleh karena itu perairan pantai merupakan wilayah yang sering digunakan untuk menganalisis daya dukung aktivitas manusia baik yang berada di daratan maupun di lautan itu sendiri.

Pendugaan daya dukung lingkungan suatu wilayah tertentu untuk tujuan pengembangan tertentu merupakan suatu pekerjaan penelitian yang sangat besar. Sebagaimana telah disebutkan di atas paling tidak nilai dugaan tersebut harus dihitung dari aspek kapasitas produksi dan kapasitas penyerapan limbah. Kapasitas produksi mempunyai indikator yang sangat banyak misalnya luas lahan atau ruang, produksi pangan, ketersediaan air, dan lain-lain. Kapasitas penyerapan limbah juga mempunyai indikator yang sangat banyak. Setiap indikator yang digunakan untuk menduga daya dukung lingkungan tersebut akan menghasilkan nilai dugaan yang berbeda-beda. Prinsip daya dukung lingkungan mengharuskan pemilihan nilai yang terkecil dari berbagai nilai dugaan tersebut sebagai nilai dugaan final daya dukung lingkungan. Dengan demikian nilai dugaan daya dukung lingkungan berdasarkan satu indikator saja tidaklah cukup dianggap sebagai nilai dugaan final daya dukung lingkungan. Sebaliknya penelitian besar untuk mendapatkan nilai dugaan final daya dukung lingkungan tidak akan dicapai tanpa penelitian-penelitian kecil berdasarkan satu indikator seperti pada penelitian ini.

Pulau Wetar merupakan salah satu pulau kecil perbatasan di Kabupaten Maluku Tenggara Barat (MTB), Propinsi Maluku. Pulau ini sedang dikembangkan untuk menjadi daerah tujuan transmigrasi. Pulau kecil merupakan ekosistem yang khas karena mempunyai luasan daratan yang relatif kecil dibandingkan dengan luasan perairannya dengan jumlah dan jenis sumberdaya alam yang terbatas. Ukuran lahan daratan yang kecil ini membatasi jumlah lahan

produktif untuk mendukung kebutuhan manusia akan pangan (karbohidrat). Pulau kecil, apalagi jika termasuk kategori pulau karang atau pulau vulkanik biasanya mempunyai persentase lahan kritis yang lebih besar dan jumlah air tawarnya juga sedikit.

Ekosistem perairan di pulau kecil lebih penting (dominan) dibandingkan dengan ekosistem daratannya. Sumberdaya alam dan jasa lingkungan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia dari perairan (laut) juga lebih dominan dibandingkan dengan yang dari daratan. Namun demikian ekosistem perairan di pulau kecil biasanya juga lebih rentan karena keterkaitan antar subsistemnya sangat erat. Oleh karena itu perairan laut di pulau kecil merupakan wilayah yang sangat baik untuk menghitung daya dukung aktivitas manusia di pulau kecil.

Setiap pengembangan aktivitas ekonomi baik di daratan maupun di laut akan menghasilkan limbah. Jumlah limbah yang dihasilkan akan sangat bergantung pada jenis aktivitasnya, skala besarnya aktivitas dan sifat tanah atau lahan dimana kegiatan tersebut terjadi. Secara rata-rata beberapa aktivitas telah diketahui jumlah muatan limbah yang masuk ke perairan. Seluruh limbah pada akhirnya akan masuk ke perairan, khususnya perairan pantai (Dahuri *et al.*, 1996). Aktivitas biofisik yang ada di perairan dapat mendegradasi limbah ini dalam proses pengenceran, demineralisasi, dan penyuburan atau pemanfaatan hara untuk pertumbuhan organisme autotrop. Kemampuan perairan untuk mendegradasi jumlah limbah yang masuk ini disebut sebagai daya asimilasi. Jika jumlah limbah yang masuk ke perairan melebihi daya asimilasinya maka akan terjadi pencemaran perairan.

Daya dukung pulau kecil dapat didasarkan dari kemampuan perairan untuk mengasimilasi salah satu unsur hara, misalnya fosfor. Pembangunan pulau kecil berkelanjutan tidak boleh melebihi daya dukung lingkungan pulau tersebut. Laju pembuangan limbah harus setara dengan kapasitas asimilasi lingkungan (Fauzi, 2004). Pemanfaatan lahan daratan untuk berbagai keperluan akan menghasilkan fosfor yang kemudian masuk ke perairan pantai. Fosfor ini merupakan unsur hara yang diperlukan oleh tumbuhan (fitoplankton) untuk tumbuh dan berkembang. Dalam jumlah tertentu fosfor yang masuk ke perairan ini akan bermanfaat bagi eko-

sistem perairan. Namun demikian jika jumlah fosfor melebihi batas tertentu dapat menimbulkan ledakan pertumbuhan fitoplankton yang berakibat buruk bagi ekosistem perairan.

Melalui analisis model ekosistem dapat disimulasikan besarnya aktivitas di daratan maupun di lautan yang limbahnya masih dapat diserap oleh sistem perairan setempat. Analisis model merupakan salah satu alat untuk mengkaji sistem keseimbangan antara skala aktivitas ekonomi manusia dengan ekosistem alam di dalam menyerap limbah yang dihasilkan.

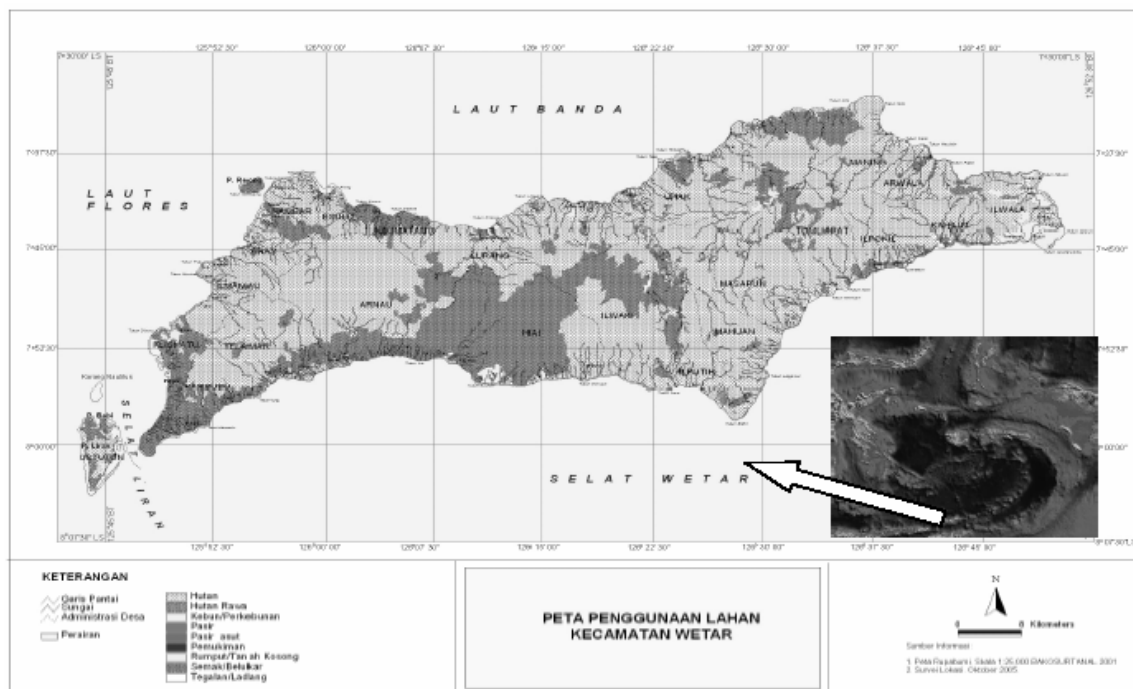
Tujuan penelitian ini adalah menduga daya dukung lingkungan Pulau Wetar dalam kaitannya dengan rencana penempatan transmigran di pulau ini melalui analisis sistem asimilasi fosfor perairan pantai. Hasil penelitian ini be-

lum dapat dianggap sebagai nilai dugaan final daya dukung lingkungan Pulau Wetar mengingat analisisnya hanya didasarkan pada satu indikator saja. Walaupun demikian diharapkan hasil penelitian ini dapat menyumbangkan informasi untuk menduga nilai daya dukung lingkungan yang final.

METODOLOGI

Tempat dan Waktu

Lokasi penelitian adalah Pulau Wetar di Kabupaten Maluku Tenggara Barat, Propinsi Maluku. Secara geografis pulau ini terletak pada $7^{\circ}33' - 08^{\circ}03'S$ dan $125^{\circ}43' - 126^{\circ}51'E$ (Gambar 1). Pengambilan data baik data primer maupun data sekunder dilakukan pada tanggal 1 - 10 Oktober 2005.



Gambar 1. Peta Lokasi Studi

Metode Analisis

Sebagaimana telah diterangkan bahwa daya dukung suatu kegiatan baik yang ada di daratan maupun di lautan dapat diukur dari kemampuan lingkungan perairan, dalam hal ini perairan laut di pantai, untuk menyerap limbah yang dihasilkan dari kegiatan tersebut. Indikator yang digunakan di dalam penilaian daya dukung pengembangan P. Wetar adalah tingkat

kecerahan (transparansi) perairan. Kecerahan kolom air di perairan pantai dimodelkan dipengaruhi oleh kelimpahan fitoplankton atau konsentrasi klorofil (klorofil-a). Model hubungan antara kelimpahan klorofil dengan transparansi (diukur dengan kedalaman sechii disk, D_s) adalah (Parsons *et al.*, 1984; Platt dan Herman, 1983)

$$D_s = \frac{1.7}{k}, k = 0.072 + 0.015 (\text{klor-a}), \text{ sehingga}$$

$$D_s = \frac{1.7}{0.072 + 0.015(klor - a)} \quad (1)$$

D_s adalah kedalaman sechii disk, k adalah koefisien atenuasi cahaya di perairan, $klor-a$ adalah konsentrasi klorofil-a ($\mu g/liter$).

Selanjutnya berdasarkan Susilo (2000) terdapat hubungan linier antara konsentrasi klorofil dengan kelimpahan fitoplankton (*individu/liter*) sebagai:

$$Klor - a = -0.0181 + 0.0002(fito) \quad (2)$$

$fito$ adalah kelimpahan fitoplankton (*individu/liter*)

Dinamika jumlah fitoplankton yang ada di perairan pada prinsipnya ditentukan oleh jumlah yang "tumbuh" dan yang "mati". Oleh karena itu dinamika jumlah fitoplankton yang ada di perairan dimodelkan sebagai :

$$\frac{d " fito "}{dt} = "tumbuh fito" - "mati fito" \quad (3)$$

Pertumbuhan fitoplankton dipengaruhi oleh jumlah fosfor (P) yang ada di perairan dan dimodelkan seperti pada Dugdale (1967) dan Kishi *et al.* (1981) sebagai:

$$"tumbuh fito" = "tingkat tumbuh" \times \left(\frac{P}{(Kons.Michaelis.Menten + P)} \right) \times "fito" \quad (4)$$

Sementara itu jumlah fitoplankton yang mati dimodelkan sebagaimana dikemukakan oleh Radach dan Moll (1993), yaitu :

$$"mati fito" = "tingkat kematian" \times fito \quad (5)$$

Tingkat kematian fitoplankton sebenarnya merupakan gabungan dari beberapa komponen seperti *grazing* oleh zooplankton, kematian alami lainnya, serta bagian yang keluar dari sistem (Riley, 1965). Tingkat pertumbuhan fitoplankton (tingkat tumbuh) yang dimodelkan dipengaruhi oleh rata-rata suhu permukaan air (Nakata, 1993) dengan model:

$$"tingkat tumbuh" = 0.01^{0.0633 \times suhu} \quad (6)$$

Sementara itu konstanta Michaelis Menten dengan mengacu berbagai literatur ditentukan sebesar 0.005 (Nakata, 1993; Kishi *et al.*, 1981).

Masuknya unsur hara ke perairan akan menyebabkan penyuburan (eutrofikasi) perairan, te-

tapi apabila berlebihan akan menyebabkan pencemaran perairan yang dapat dideteksi dengan kecerahan air. Jumlah P yang ada di perairan pada waktu t (P_t) dapat dimodelkan sebagai:

$$P_t = P_0 + (load P - out P)t$$

atau

$$\frac{dP}{dt} = "load P" - "out P" \quad (7)$$

Load P adalah jumlah P yang masuk sedangkan *Out P* adalah jumlah P yang keluar dari sistem air, termasuk yang diserap oleh fitoplankton. Keluarnya P dari sistem air ini dapat diakibatkan oleh proses fisik (*flushing* dan *sinking*) maupun biologis (*uptaking* oleh fitoplankton). Jumlah P yang diserap oleh fitoplankton berbanding lurus dengan jumlah pertumbuhan P ("tumbuh") dan rasio berat antara P dengan fitoplankton (rasio $P/fito$). Sementara jumlah P yang secara fisik keluar dari sistem perairan dimodelkan proporsional terhadap jumlah P yang ada di perairan dengan konstanta tingkat "*flushing-sinking*" tertentu. Dengan demikian jumlah P yang keluar dari perairan dimodelkan sebagai:

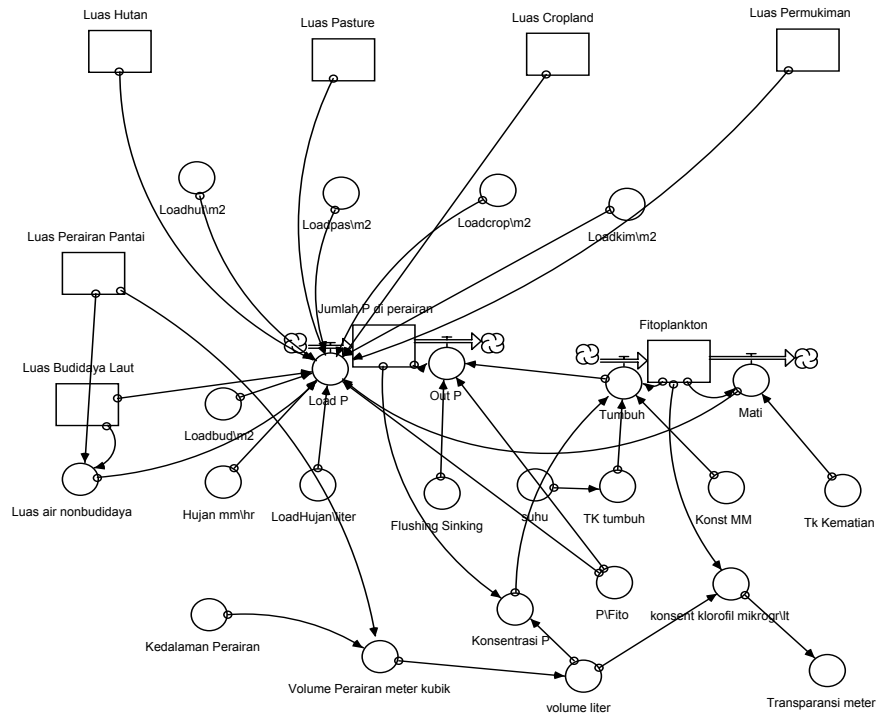
$$Out P = (P \times "flushing - sinking rate") + ("tumbuh fito" \times rasio P / fito) \quad (8)$$

Jumlah P yang masuk ke perairan dapat berasal dari lahan pertanian (*cropland*), lahan perkebunan dan belukar (*pasture land*), lahan hutan, lahan permukiman, kegiatan budidaya laut, dan dari air hujan. Beberapa literatur mencatat tingkat *loading P* setiap jenis lahan tersebut ke perairan. Jorgensen (1988) misalnya menyebutkan bahwa *loading P* dari daerah pertanian (*cropland*) berkisar antara 22 – 100 $mg/m^2/th$, dari daerah perkebunan, semak belukar dan padang rumput (*pasture*) berkisar antara 15 – 75 $mg/m^2/th$, dari hutan (*forest*) antara 6 - 12 $mg/m^2/th$, dan dari air hujan adalah antara 0.025 – 0.1 mg/l .

Analisis daya dukung pulau kecil di Pulau Wetar akan dilihat dari skenario pengembangan pemanfaatan lahan ini. Pembangunan akan merubah tata guna lahan yang pada akhirnya merubah komposisi tata guna lahan. Perubahan komposisi tata guna lahan ini akan menentukan jumlah P yang masuk ke perairan karena tingkat *loading P* setiap jenis lahan berbeda-beda. Dengan bantuan perangkat lunak model dan simulasi maka dapat dipelajari seberapa

besar skenario perubahan lahan tersebut dapat diasimilasi oleh perairan sebagai sistem terakhir yang menyerap limbah. Gambar 2 adalah gambar model konseptual analisis sistem daya du-

kung lingkungan P. Wetar. Nilai-nilai konstanta maupun nilai awal variabel berdasarkan pengamatan di lapangan maupun penelusuran literatur ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Model Konseptual Analisis Sistem Daya Dukung P. Wetar.

Tabel 1. Nilai Konstanta dan Nilai Awal Model Analisis Sistem Daya Dukung P. Wetar.

Konstanta		Nilai Awal Variabel*	
Jenis Konstanta	Nilai	Jenis Variabel	Nilai awal
Tingkat tumbuh fito	0.01 ^(0.0633 x suhu)	Jumlah Fito	8 424 421 565x10 ⁸ indiv.
Suhu (°C)	27	Konsentrasi klorofil	0.8 µg/l
Tk kematian fito	0.043	Jumlah P	26 773 617x10 ⁵ mg
Michaelis Menten	0.005	Konsentrasi P	0.013 mg/l
Rasio P/fito	0.001	Luas Perair. Pantai	205 950 900 m ²
Flushing-sinking-P	0.05	Luas Bddaya Laut	0 m ²
Load-P Cropland	0.16 mg/m ² /hr	Luas Cropland	3 883 400 m ²
Load-P Pasture	0.07 mg/m ² /hr	Luas Pasture	758 345 100 m ²
Load-P Hutan	0.03 mg/m ² /hr	Luas Hutan	1 845 083 200 m ²
Load-P Pemukiman	0.14 mg/m ² /hr	Luas Pemukiman	849 800 m ²
Load-P Budidaya laut	0.19 mg/m ² /hr		
Load-P Hujan	0.07 mg/l		
Curah hujan	750/365 l/hr		
Kedalaman perairan	100 m		

* Nilai Awal diperoleh dari pengamatan dan pengukuran di lapangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Keseimbangan Lingkungan Awal

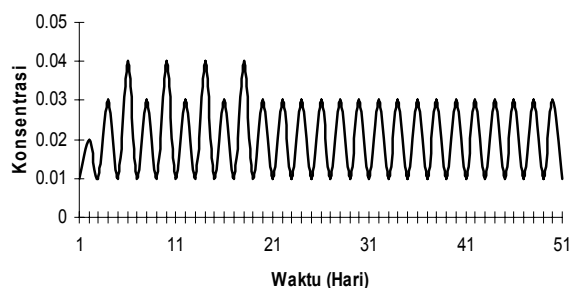
Dengan menggunakan perangkat lunak analisis sistem maka system aliran fosfat (P)

yang ada di ekosistem P. Wetar dapat dimodelkan. Sebuah model ekosistem memang tidak akan pernah persis sama dengan ekosistem alami yang sebenarnya tetapi hanya mencoba memahami ekosistem alam yang dipelajari dan

membuat penyederhanaan sedemikian sehingga model tersebut semirip mungkin dengan ekosistem yang sebenarnya. Hasil analisis dengan menggunakan model konseptual sebagaimana yang telah diterangkan di metodologi ternyata telah menghasilkan model sistem yang sesuai dengan dengan ekosistem P. Wetar.

P. Wetar adalah pulau yang relatif masih belum banyak dieksploitasi. Kegiatan ekonomi di pulau ini masih sangat sederhana sehingga limbah yang dihasilkanpun masih dapat diserap oleh lingkungan perairan pantai P. Wetar. Lingkungan perairan P. Wetar yang dikelilingi oleh lautan lepas dan dalam mempunyai kapasitas penyerapan limbah yang sangat besar. P. Wetar praktis hanya mempunyai sedikit saja *reef flat* yang berarti perairan pantai (*4 mil* laut) sangat dalam. Dengan kondisi perairan pantai yang dalam serta ombak dan arus yang besar maka kapasitas asimilasi limbah diasumsikan sangat besar. Konsekuensinya adalah terdapat keseimbangan berbagai indikator limbah seperti konsentrasi fosfat, konsentrasi klorofil, dan kecerahan air sepanjang waktu.

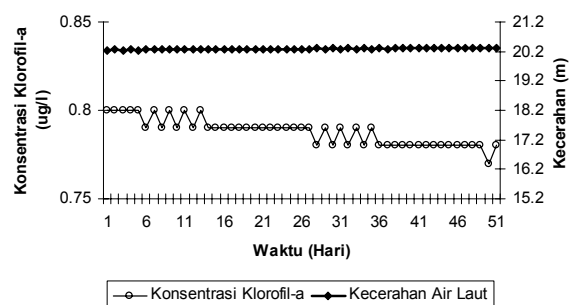
Hasil analisis kualitas air menunjukkan bahwa perairan di P. Wetar memang belum tercemar dengan rata-rata konsentrasi klorofil sebesar $0.8 \mu\text{g/l}$, konsentrasi fosfat sebesar 0.013 mg/l , dan kecerahan 20 m . Kondisi keseimbangan awal ini dapat disimulasikan sebagaimana terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Konsentrasi Fosfat Hasil Analisis Sistem P. Wetar.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa konsentrasi *P* (fosfat) seimbang sepanjang waktu pada nilai 0.02 mg/l . Hasil pengukuran di lapangan memang menunjukkan rata-rata 0.013 mg/l , tetapi pengukuran hanya dilakukan pada 6 titik pengukuran. Dari data pengukuran di lapangan tersebut nilai konsentrasi *P* yang diperoleh adalah antara $< 0.01 - 0.063 \text{ mg/l}$. Dengan demikian

kelihatannya model telah dapat memberikan gambaran ekosistem P. Wetar yang sebenarnya.



Gambar 4. Konsentrasi Klorofil-a dan Kecerdahan Air Hasil Analisis Sistem P. Wetar.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa konsentrasi klorofil-a dan kecerahan air juga berada dalam kondisi yang seimbang. Konsentrasi klorofil-a berada pada sekitar $0.8 \mu\text{g/l}$ sementara kecerahan air laut berada pada sekitar 20.2 m . Hal ini juga sesuai dengan nilai rata-rata pengukuran di lapangan.

Skenario Pengembangan P. Wetar

Pengembangan yang telah direncanakan untuk dilaksanakan di P. Wetar adalah pengembangan transmigrasi. Pengembangan transmigrasi baik transmigrasi pertanian maupun transmigrasi nelayan akan merubah komposisi penggunaan lahan. Setiap transmigran memerlukan lahan untuk pertanian atau budidaya laut. Setiap perubahan komposisi penggunaan lahan pada akhirnya akan mempengaruhi jumlah masukan (*load*) fosfat ke perairan yang akan mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan. Apabila daya dukung perairan didalam menyerap limbah tersebut cukup besar maka ekosistem masih akan berjalan secara alamiah tanpa gangguan yang berarti. Namun jika daya dukung tersebut telah dilampaui maka sistem akan memperlihatkan kelebihan beban yang sering disebut sebagai pencemaran.

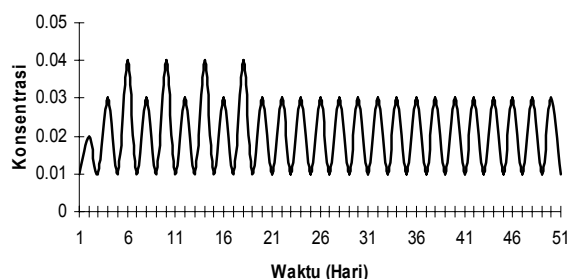
Skenario pertama adalah jika terjadi transmigrasi pertanian sebanyak 1000 KK, dimana setiap KK membutuhkan 1 ha lahan pekarangan dan 2 ha lahan pertanian. Dalam skenario ini seluruh kebutuhan lahan tersebut diambil dari lahan "*pasture*" yang tersedia. Dengan demikian akan terdapat penambahan lahan pertanian (*Cropland*) sebesar 2000 ha (20000000 m^2) dan

1 000 *ha* (10 000 000 m^2) lahan pemukiman. Sementara itu terjadi penurunan lahan "pasture" sebesar 3 000 *ha* (30 000 000 m^2). Komposisi penggunaan lahan pada skenario pertama dibandingkan dengan komposisi awal dapat dilihat pada Tabel 2.

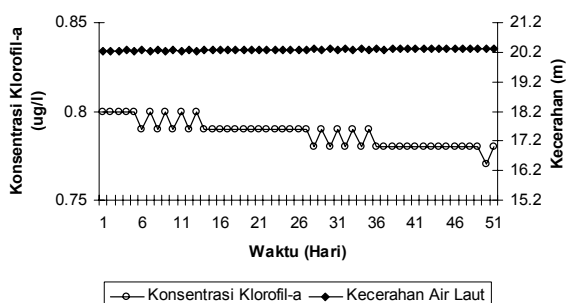
Tabel 2. Komposisi Penggunaan Lahan pada Skenario Pengembangan I.

Jenis Penggunaan Lahan	Komposisi Awal (m^2)	Komposisi Skenario I (m^2)
Luas Perair. Pantai	205 950 900	205 950 900
Luas Budidaya Laut	0	0
Luas Cropland	3 883 400	23 883 400
Luas Pasture	758 345 100	728 345 100
Luas Hutan	1 845 083 200	1 845 083 200
Luas Pemukiman	849 800	10 849 800

Analisis sistem terhadap skenario I pembangunan pertanian tersebut ternyata tidak mampu mengganggu keseimbangan ekosistem perairan yang ada di P. Wetar. Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa konsentrasi fosfat, kecerahan maupun konsentrasi klorofil-a masih dalam keseimbangan seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 5. Konsentrasi P pada Skenario Pengembangan I.



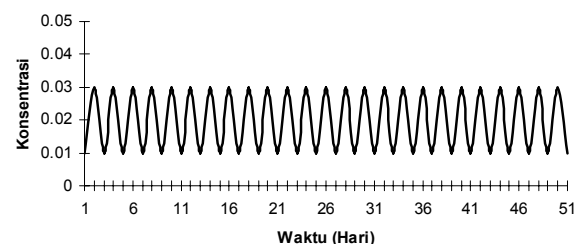
Gambar 6. Konsentrasi Klorofil-a dan Kecerdahan Air Laut pada Skenario Pengembangan I.

Skenario Kedua pembangunan pertanian di P. Wetar adalah dengan merubah seluruh lahan "pasture" menjadi lahan "cropland" dan permukiman untuk memenuhi kebutuhan lahan transmigrasi. Di dalam skenario ini jika setiap KK transmigran memerlukan 3 *ha* lahan untuk pertanian dan pemukiman maka lahan *pasture* yang tersedia mampu menampung jumlah transmigran sebanyak 25 278 KK. Dalam skenario II ini maka komposisi penggunaan lahan adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Penggunaan Lahan pada Skenario Pengembangan II.

Jenis Penggunaan Lahan	Komposisi Awal (m^2)	Komposisi Skenario II (m^2)
Luas Perair. Pantai	205 950 900	205 950 900
Luas Budidaya Laut	0	0
Luas Cropland	3 883 400	509 446 800
Luas Pasture	758 345 100	0
Luas Hutan	1 845 083 200	1 845 083 200
Luas Pemukiman	849 800	253 631 500

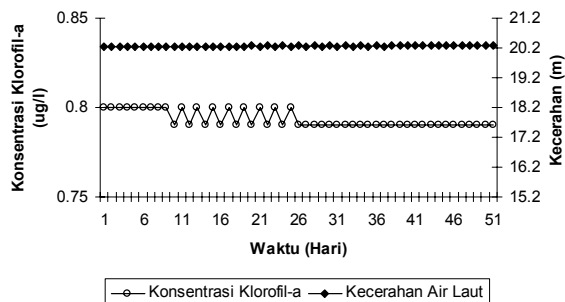
Analisis sistem terhadap skenario II pembangunan pertanian di P. Wetar sebagaimana terlihat pada Tabel 3 ternyata juga belum mampu mempengaruhi keseimbangan sistem ekologis di P. Wetar. Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan keseimbangan konsentrasi fosfat (P), konsentrasi klorofil-a dan kecerahan air selama waktu simulasi 50 satuan waktu (hari).



Gambar 7. Konsentrasi P pada Skenario Pengembangan II.

Pada Gambar 7 dan Gambar 8 terlihat bahwa walaupun dilakukan transmigrasi ke P. Wetar sebanyak lebih dari 25 000 KK dimana seluruh lahan "pasture" diubah menjadi lahan pertanian ("cropland") dan lahan "permukiman" sesuai dengan kebutuhan lahan transmigrasi ternyata lingkungan perairan pada khususnya dan lingkungan P. Wetar pada umumnya masih dapat mendukung pengembangan lahan terse-

but. Daya dukung lingkungan P. Wetar yang sangat besar ini terletak pada kondisi perairan pantainya yang memang sangat dalam. Posisi P. Wetar yang dikelilingi oleh laut-laut dalam di sekitarnya merupakan lingkungan laut yang sangat dinamis dan dapat menyerap limbah dalam jumlah yang sangat besar.



Gambar 8. Konsentrasi Klorofil-a dan Kecerahan Air Laut pada Skenario Pengembangan II.

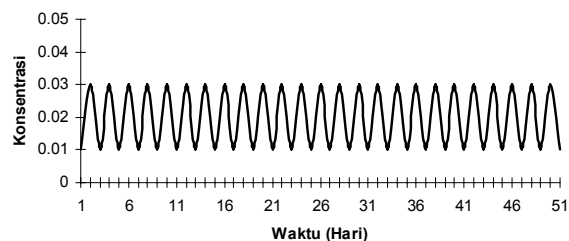
Skenario pengembangan yang ketiga merupakan skenario pengembangan yang sangat ekstrem. Skenario ini walaupun terlihat sangat ekstrem, tetapi perlu diperhitungkan terutama untuk mengetahui daya dukung lingkungannya. Didalam skenario ini jumlah transmigrasi pertanian pada skenario ke-dua sebesar lebih dari 25 000 KK tersebut ditambah lagi dengan 5 000 KK transmigrasi perikanan. Diasumsikan bahwa transmigrasi perikanan ini memerlukan tambahan lahan permukiman sebesar 5 000 ha (50 000 000 m²). Kekurangan lahan ini diambil dari lahan "hutan" sehingga lahan hutan berkurang sebesar 50 000 000 m². Sementara itu dimodelkan bahwa setiap KK transmigran perikanan ini mengembangkan budidaya laut sebesar 1 ha (10 000 m²) maka akan terdapat lahan budidaya laut sebesar 50 000 000 m². Tabel 4 menunjukkan komposisi penggunaan lahan pada skenario ketiga ini.

Analisis sistem model skenario III pembangunan P. Wetar dimana jumlah transmigrasi yang masuk sebanyak lebih dari 30 000 KK yang terdiri dari 25 000 KK transmigrasi pertanian ditambah 5 000 KK transmigrasi perikanan (nelayan) dengan total lahan pertanian yang dikembangkan seluas 509 446 800 m² (50 944.68 ha) dan lahan budidaya laut seluas 50 000 000 m² (5 000 ha) ternyata juga masih dapat ditampung oleh sistem ekologi perairan P. Wetar. Gambar 9 dan Gambar 10 memperlihatkan bahwa ke-

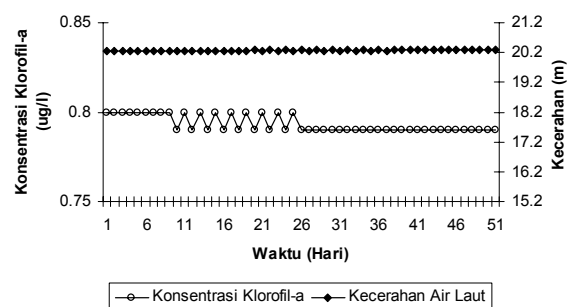
seimbangan konsentrasi fosfat, konsentrasi klorofil-a dan transparansi atau kecerahan air laut masih belum berubah. Waktu simulasi didalam analisis ini memang hanya 50 hari tetapi hal ini hanya untuk mempermudah penggambaran saja. Simulasi dalam jangka 1 000 hari menghasilkan nilai keseimbangan yang sama yaitu konsentrasi-P pada nilai sekitar 0.02 mg/l, konsentrasi klorofil-a berada pada nilai sekitar 0.79 µg/l dan kecerahan air berada pada nilai sekitar 20.2 m. Nilai-nilai tersebut adalah nilai-nilai kualitas air laut alami sebagaimana kondisi keseimbangan awal. Satuan waktu juga dapat diubah dengan tahun dengan konversi konstanta yang sesuai dan tidak akan merubah hasil keseimbangan.

Tabel 4. Komposisi Penggunaan Lahan pada Skenario Pengembangan III.

Jenis Penggunaan Lahan	Komposisi Awal (m ²)	Komposisi Skenario III (m ²)
Luas Perair. Pantai	205.950.900	205.950.900
Luas Budidaya Laut	0	50.000.000
Luas Cropland	3.883.400	509.446.800
Luas Pasture	758.345.100	0
Luas Hutan	1.845.083.200	1.795.083.200
Luas Pemukiman	849.800	303.631.500



Gambar 9. Konsentrasi P pada Skenario Pengembangan III.



Gambar 10. Konsentrasi Klorofil-a dan Kecerahan Air Laut pada Skenario Pengembangan III.

Berdasarkan analisis sistem di atas maka dapat disimpulkan bahwa sistem perairan (khu-

satunya perairan pantai) P. Wetar mempunyai daya dukung yang sangat besar untuk menampung pembangunan pertanian (transmigrasi pertanian). Pengembangan lahan pertanian hingga seluas 50 944.68 *ha*, lahan budidaya laut seluas 5 000 *ha*, dengan total lahan permukiman seluas 30 363.15 *ha* masih dapat ditampung oleh sistem ekologi perairan P. Wetar. Hal tersebut setara dengan penambahan penduduk transmigrasi sebesar 30 000 KK yang terdiri dari 25 000 KK transmigran pertanian dan 5 000 KK transmigran perikanan (nelayan).

Dalam analisis ini memang baru pembangunan pertanian yang dianalisis dengan dampak limbah terjadinya eutrofikasi perairan. Pembangunan industri dan pertambangan belum dimasukkan ke dalam sistem. Hal ini mengingat beberapa pertimbangan: *Pertama*, program pengembangan yang dalam waktu dekat akan dilaksanakan di P. Wetar adalah program transmigrasi baik pertanian maupun perikanan. *Kedua*, pertambangan emas di P. Wetar yang saat ini sedang dalam tahap eksplorasi, skalanya juga tidak besar. Pengukuran kualitas air di sekitar daerah pertambangan di Desa Lurang ternyata belum mengindikasikan adanya pencemaran, baik eutrofikasi fosfat, kandungan air raksa (Hg) maupun konsentrasi cadmium (Cd).

Analisis sensitifitas model menunjukkan bahwa model ini sensitif terhadap nilai konstanta "tingkat kematian fito", "rasio P/fito" dan suhu rata-rata perairan. Ilustrasi analisis sensitifitas ini tidak disertakan di dalam tulisan ini untuk menghemat ruang yang tersedia. Analisis sensitifitas menunjukkan bahwa model yang dibangun telah cukup baik untuk menggambarkan sistem yang sesungguhnya. Tentu saja tidak ada model yang benar-benar sepenuhnya menggambarkan dunia nyata. Fauzi dan Anna (2005) menyatakan beberapa esensi dari sebuah model yaitu "*there is no such thing as one to one mapping*", "*there is no such thing as solution for the real life problem*". Salah satu kelemahan model yang digunakan dalam penelitian ini adalah memperlakukan seluruh pulau dengan perairan pantai di sekitarnya sebagai satu kesatuan sistem. Penelitian ini masih bersifat skala makro.

KESIMPULAN

Berdasarkan studi ini dapat disimpulkan bahwa Pulau Wetar masih dapat menampung jumlah transmigran sebesar lebih dari 30 000

KK yang terdiri dari 25 000 KK transmigran pertanian dan 5 000 KK transmigran nelayan (petani ikan). Nilai dugaan daya dukung lingkungan Pulau Wetar ini barulah didasarkan dari satu indikator, yaitu penyerapan limbah "fosfor" oleh perairan pantai, oleh karena itu belum dapat dianggap sebagai nilai dugaan yang final. Penelitian serupa dengan menggunakan indikator-indikator atau aspek yang lain masih diperlukan untuk mendapatkan nilai dugaan final daya dukung lingkungan Pulau Wetar dalam kaitannya dengan daya tampung transmigran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terlaksana atas dukungan Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan (PKSPL) IPB, dan untuk itu diucapkan banyak terima kasih.

PUSTAKA

- Dahuri, R., J. Rais, S. P. Ginting, dan M. J. Sitepu. 1996. **Pengelolaan sumberdaya wilayah pesisir dan laut-an secara terpadu**. PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- De Santo, R. S. 1978. **Concept of Applied Ecology**. Springer-Verlag, New York.
- Dugdale, R. C. 1967. **Nutrient Limitation in the Sea: Dynamics, Identification, and Significance**. *Limnol. Oceanogr.*, 12 : 685 – 695.
- Fauzi, A. 2004. **Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan: Teori dan Aplikasi**. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Fauzi, A. dan S. Anna. 2005. **Pemodelan Sumber Daya Perikanan dan Kelautan: untuk Analisis Kebijakan**. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Jorgensen, S. E. **Fundamentals of Ecological Modelling**. Developments in Environmental Modelling, 9. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Kishi, M. J., K. Nakata, dan K. Ishikawa. 1981. **Sensitivity Analysis of a Coastal Marine Ecosystem**. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, Vol. 37: 120-134.
- Nakata, K. 1993. **Ecosystem model; its formulation and estimation method for unknown rate parameters**. *J. Advanced Marine Technology Conference*, Vol. 8: 99 – 138.
- Parsons, T. R., M. Takahashi, dan B. Hargrave. 1984. **Biological oceanographic processes**. 3rd edition. Peramon Press, Oxford.
- Platt, T. dan A. W. Herman. 1993. **Remote Sensing of Phytoplankton in the Sea: Surface Chlorophyll and Estimate of Water Column Chlorophyll and Primary Production**. *International Journal of Remote Sensing*, 4: 343 – 351.

Radach, G. Dan A. Moll. 1993. **Estimation of the variability of production by simulating annual cycles of phytoplankton in the central North Sea.** *Prog. Oceanog.* Vol. 33 : 339-419.

Riley, G. A. 1965. **A Matematical Model of Regional**

Variations in Plankton. *Limnol. Oceanogr.*, 10: R202 - R215.

Susilo, S. B. 2000. **Penginderaan Jauh Kelautan.** Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB, Bogor.